

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-003545

(43)Date of publication of application : 07.01.1997

---

(51)Int.Cl. C21D 9/14  
B21C 37/08  
C21D 8/10  
C21D 9/08

---

(21)Application number : 07-155734

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 22.06.1995

(72)Inventor : KAWAGUCHI YOSHIKI

---

(54) PRODUCTION OF LARGE DIAMETER WELDED STEEL TUBE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To easily increase the crushing strength of an UOE steel tube used for submarine line pipe, etc.

CONSTITUTION: A steel plate is worked into tubular state by means of U press and O press, welded, and subjected to tube expansion, by which the steel tube is produced. At this time, the steel tube after tube expansion is heated up to 150-700° C so that the heating index represented by (absolute temp.) × (5+log(time)) becomes 1300-4300. By this method, the Bauschinger effect can be reduced or removed by means of a simple heating device while obviating the necessity of the alteration of equipment on a large scale, and the UOE steel tube increased in crushing strength can be provided.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-3545

(43) 公開日 平成9年(1997)1月7日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 9/14			C 2 1 D 9/14	
B 2 1 C 37/08			B 2 1 C 37/08	E
C 2 1 D 8/10		9270-4K	C 2 1 D 8/10	Z
9/08			9/08	F

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平7-155734

(22) 出願日 平成7年(1995)6月22日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 川口 喜昭

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住  
友金属工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 森 道雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 大径溶接鋼管の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 海底ラインパイプ等に使用するUOE鋼管の圧潰強度を高くする簡便な方法の提供。

【構成】 鋼板をUプレスおよびOプレスで管状に加工し溶接後、拡管して製造する鋼管の製造方法において、拡管後の鋼管を150℃以上700℃未満の範囲に、(絶対温度)×(5+log(時間))で表される加熱指標が1300以上4300未満となるように加熱することを特徴とする鋼管の製造法。

【効果】 大きな設備改造を行わずに、簡易な加熱装置によりバウシンガー効果を減少または解消し、圧潰強度を高めたUOE鋼管を提供することが可能である。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】鋼板を U プレスおよび O プレスで管状に加工し溶接した後、拡管する鋼管の製造方法において、拡管後の鋼管を 150℃以上 700℃未満の範囲に、下記の温度および時間で表される式（加熱指標）の値が、1300 以上 4300 未満となるように加熱することを特徴とする耐圧潰性に優れた鋼管の製造方法。

加熱指標 =  $T \times (5 + \log t)$

ここで、T（絶対温度 K）= 273 + 加熱温度（℃）

（加熱温度は 150℃以上 700℃未満）

t : 150℃以上での加熱時間（h）

log : 常用対数

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、海底パイプラインなどに使用される圧潰強度の高い UOE 鋼管の製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】海底ラインパイプ敷設の際にまず注意すべきことは、鋼管が海水圧により潰れることを避けることである。したがって、海底ラインパイプの設計にあたっては、圧潰を生じないように、鋼板強度、外径および肉厚等を設計しなければならないが、そのような条件は精度良く把握できていないのが実情である。

【0003】厚肉の大径溶接鋼管の代表的な製造方法に UOE 製管法がある。この方法は鋼板を U プレスおよび O プレスにより環状に成形した後、シーム溶接をし、拡管（エキスパンション）を施して鋼管を製造する工程からなる。最後の拡管は機械的なエキスパンダーにより管径を拡げる工程であり、外径および形状を整えるために必要な工程である。これらの塑性変形が、以下に述べるように、外圧負荷の際、圧潰を助長する要因となる。

【0004】UOE 製管法の塑性変形の方法を述べると、U プレスおよび O プレスにより、鋼板の板厚中心より表面側はいずれの場合も引張り変形を与えられる。その後の拡管工程では厚さ方向のすべての位置が引張り変形を受け、そのまま出荷される。鋼管は、結局、鋼管の内壁に近い部分を除いて板厚のほとんどの部分で引張り塑性変形を受けた状態で出荷され、海底ラインパイプとして敷設されることになる。海底に敷設されるとき、鋼管は船上で順次円周溶接されながら海底に降ろされるので内部は大気圧、外部は水圧を受ける。このため海底では鋼管は圧力差による圧縮応力を受ける。すなわち、拡管での引張り変形ののち、敷設のさい、それとは逆の圧縮応力を受けることになる。

【0005】一般に、引張り変形ののちに、圧縮応力を受ける場合、圧縮応力に対する耐力は低下する。逆の場合、すなわち、最初に圧縮変形を受け、ついで引張り応力を受ける場合も同様であり、引張り応力にたいする耐力が低下する。このように交番応力負荷の際、直前の変

形方向と逆方向の耐力が低下する現象はバウシinger 効果として知られている。

【0006】プレス加工および拡管などの塑性変形は、転位と呼ばれる一種の格子欠陥の運動と増殖をともないながら進行する。転位の運動と増殖が容易な鋼は軟らかく、したがって耐力は低い。一般に、塑性変形が小さく転位の増殖が始まったばかりの段階では鋼は軟らかいが、塑性変形の進行につれ鋼は硬くなる。塑性変形が進み硬くなった状態のとき、鋼の中には、からみ合っ

10 きにくくなった高密度の転位の配列ができてい

【0007】バウシinger 効果は、最初の塑性変形のときに、一定の方向にのみ動きにくくかつ増殖しにくくなった転位の配列がつくられることによって起きる。そのような転位の配列は、そのまま最初の変形が増大するかぎり、硬化をさらに持続させる。しかし、それと逆方向に応力が負荷され、その応力方向へ変形がはじまるときには、最初につくられた転位の配列の何割かの転位は、その方向へは、大きな抵抗をうけずに動きかつ増殖することができるので、逆方向への塑性変形が容易に起きることになる。これは鋼が低い耐力を示すことを意味する。そのまま圧縮変形が進行すると、硬化がはじまり、転位は、その圧縮の方向において（最初の方

20 向と逆の方向において）、最初の引張りの方向と同様の転位の配列をつくる。複雑な現象をきわめて単純化するとこの

ような説明が成り立つ。

【0008】UOE 製管法により製造される鋼管は、圧縮応力をうけた場合、上記のバウシinger 効果により鋼管としての圧潰強度は低い。海底パイプライン敷設にともなう曲げなどに起因する圧縮応力は、水圧による圧縮応力と重畳して局部座屈をおこし、条件によっては、この局部座屈をきっかけにすでに設置した部分を長距離にわたって座屈が伝播し重大な事故に至ることもある。バウシinger 効果により耐力が低くなった UOE 鋼管はこのような局部座屈をおこしやすい。このような UOE 鋼管の弱点を克服する提案がこれまでになされてきた。例えば、（a）C.K.W.Tam & J.G.A.Croll: An Improvement of the Propagation Buckle Performance of Subsea Pipelines, Thin-Walled Structures, 4(1986), P.423 によって提案されたスパイラル状リブ付き鋼管がある。この提案は計算上は多大な効果を持つと予測されている。しかし、リブを取り付ける費用は大きな額にのぼり、かつハンドリングも容易でないので実用化の可能性は小さい。

30

40

50

【0009】また、（b）UOE 製管工程の拡管工程を縮管工程に置き換えて寸法及び形状を整えた場合は、圧潰強度の低下は生じないとの評価が、計算によってなされている（S.Kyriakides, E.Corona & F.J.Fisher : On the Effect of the U-O-E Manufacturing Process on the Collapse Pressure of Long Tubes, J. of Engineering for Industry, 116(1994), P.93）。この方法は

外圧には確かに効果はあるが、内圧に対してはバウシinger効果により強度が低くなる懸念があること、およびこの方法は縮管用の新たな大型装置を設置する必要があるので、経済的見地から現実的でない。

【0010】また、(c)一般的に、加熱状態で加工すればバウシinger効果が減少するという報告がある(W. C. Leslie: The physical metallurgy of steel (Mcgraw-hill international book company), p.159)。しかし、この方法も鋼板を加熱する設備および加熱した鋼板をプレスするための設備の改造が必要であり経済的に成り立たない。

【0011】(d)素材である鋼板の組織をアシキュラーフェライト組織にすればUOE製管法によるバウシinger効果を減少できるとの提案(W. C. Leslie: 同上, P. 202)もある。しかし、アシキュラーフェライトとするには鋼板に合金元素を多量に含有させる必要があり、それは合金コストを高くするので好ましくない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来のUOE製管法をそのまま用い、コスト上昇を招かずに圧潰強度の低下を防止した例は存在しない。また、いったん生じたバウシinger効果が、その後の加熱により減少または解消することを示唆する例は見あたらない。

【0013】本発明の目的は、現有のUOE製管装置をそのまま用いて製造された鋼管の圧潰強度を向上させる簡便な方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者は、従来のUOE製管法で製造した鋼管を適切な条件下で加熱すれば素材本来の特性を害することなく、バウシinger効果が減少または解消して、圧縮時のUOE鋼管の耐力が向上するのではないかと推測した。すなわち適切な加熱により、(イ)バウシinger効果の源である転位の配列そのものを変える、または(ロ)転位の配列は大きく変えずに、そのような配列の転位上に析出物を新たに生じさせ転位をピン止めする、という2つの作用が期待でき、上記の効果が得られるものと考えられる。

【0015】そこで、実験室溶製し圧延した鋼板に引張り変形を加えたものから鋼片を切り出し、各鋼片を各温度に各種時間保持したのち放冷し、圧縮試験により耐力(0.2%耐力)を評価した。加熱前の引張り変形は2.5%から2.7%の範囲内に入れた。結果を図1に示す。図1の結果は、適当な加熱温度および加熱時間を選べば、引張り変形後の圧縮応力に対する耐力を向上しうることを示している。

【0016】図中の曲線AおよびBはそれぞれ加熱指標1300および4300を表す。

【0017】上記の知見に基づく本発明の要旨は以下の通りである。

【0018】鋼板をUプレスおよびOプレスで管状に加

工し溶接した後、拡張する鋼管の製造方法において、拡張後の鋼管を150℃以上700℃未満の範囲に、下記の温度および時間で表される式(加熱指標)の値が、1300以上4300未満となるように加熱することを特徴とする耐圧潰性に優れた鋼管の製造方法。

【0019】加熱指標  $= T \times (5 + \log t)$

ここで、T(絶対温度K)  $= 273 + \text{加熱温度} (^\circ\text{C})$

(加熱温度は150℃以上700℃未満)

t: 150℃以上の加熱時間(h)

log: 常用対数

【0020】

【作用】鋼管を150℃以上に加熱するのは、これ未満の温度では転位上への析出または転位の再配列に長時間を要し、能率を重視する実生産において、バウシinger効果を實際上問題なくなるまで減少または解消できないからである。また700℃未満とするのは、材質劣化が生じるのを防止するためである。

【0021】加熱指標を1300以上とするのはそれ以上において、耐力の向上が得られるからであり、4300未満としたのは、それ以上では焼き戻しが進行しすぎて鋼が軟化してしまうからである。加熱指標を導入した理由は、高温では短時間で、また低温では長時間かければ、目標とする耐力の向上が得られるので、時間と温度の効果を一の指標で表現するためである。また、ここで、定数として5を採用して、焼き戻し指標などで多用される20を用いなかった理由は、加熱温度の変動の効果が、短い加熱時間でも、バウシinger効果に敏感に影響するという事実を加熱指標で表すためである。20を用いた場合、温度変化の効果が長時間加熱しないと加熱時間の影響として加熱指標の変化に現れにくいのに対して、5を採用すると短時間加熱でも温度変化の影響を加熱指標の変化に表すことができ、実際のバウシinger効果と対応づけることができるからである。

【0022】UOE鋼管用の素材としては、加速冷却鋼板が用いられる場合が多い。加速冷却鋼板は厚鋼板を制御圧延したのち水量をコントロールされた所定の冷却装置により、一定の加速された冷却速度で冷却された厚鋼板をいう。フェライト量を抑制して強度向上が図れるので、溶接性の改善に有効な製造方法である。それらの加速冷却鋼板には、通常、強度上昇と制御圧延の効果を利かすためにニオブウム(Nb)が添加される。加速冷却鋼板のNbの固溶濃度は加速冷却をうけないものより高いので、本発明に基づく加熱のさい、炭窒化物の析出量が多くなる。このとき転位への析出量も多くなるので、逆方向への低応力での転位の発動をより強くピン止めすることができる。したがって、本発明方法を適用するUOE鋼管用の鋼板は、加速冷却法により製造されたNb添加鋼板が好ましい。

【0023】鋼管の加熱方法には特別な制約はない。とくに重要な点は、鋼管の全長全管周にわたって必ずしも



均一な温度でなくてもよいことである。前記の温度と時間の条件を満たせば、等温非等温を問わず、鋼管部位について均一不均一を問わず、バウシinger効果を実質上問題ない程度にまで減少または解消できる。したがって、1本のガスバーナーで鋼管をスパイラル状に回転させつつ加熱することも可能であり、能率を向上させる目的で数本または数10本のバーナーを帯状に並べて加熱することもできる。あるいはリング状に配置したガスバーナーの中を回転させずに高速で通過させることによっても同様な効果を得ることができる。もちろん能率や設備費を無視すれば熱処理炉中で均一な全体加熱をすることによっても目的を達せられることはいうまでもない。

【0024】加熱ののち、150℃より低温域への冷却する条件にはとくに制約はないが、放冷することが好ましい。放冷中に鋼材中の固溶窒素が転位の周囲に雰囲気形成し、転位を止める効果が得られるからである。

【0025】等温保持がされないときの加熱指標の計算は、以下に述べる近似法によりおこなう。

【0026】加熱の経過を、横軸を時間、縦軸を温度としてプロットしたとき、山形になる場合、昇温時に、150℃になった点と最高温度点を直線で結び、その直線上での中間温度（150℃と最高温度の和を2で除した値）までは150℃で経過したとし、それ以後最高温度までは中間温度で経過したとして近似計算をおこなう。降温時は最高温度と150℃を直線で結び、直線上で中間温度となる時間までは最高温度で経過し、それ以降150℃までは中間温度で経過するとして式に代入する。要は、加熱指標の時間積分について、2段の階段近似をおこなう。そのような近似計算の結果、加熱指標が1300以上4300未満となればよい。山が複数個できる場合なども同様な2段の階段近似をおこない、加算した結果、その値が上記の範囲に入ればよい。

【0027】

【実施例】図2に示す圧潰試験方法により外径508mmおよび肉厚28.6mmのAPI規格X65材のUOE鋼管の圧潰強度を評価した。試験用鋼管の1本はUOE製管法で製管後、管径で最低0.8%、最高1.5%の間で拡張した。鋼管を回転させつつ長手方向に送りな

がら1本の固定ガスバーナーにより加熱するという線状加熱方法で加熱した。バーナーを過ぎて10秒後の表面温度は非接触の温度計の表示で、最低部283℃かつ最高部625℃、また最高部250℃以上の温度にあった時間は約55分であり、本発明の範囲内での加熱条件を満たす。他の試験用鋼管の1本は通常のUOE製管法により製造されたままのものである。

【0028】図2の圧潰試験において、試験用鋼管1を大径かつ強度の高い鞘管2の中に配置し鞘管の両端と試験用鋼管1の外周とを密閉板3で密閉溶接し、試験用鋼管1が圧潰するまで水圧をかけた。水圧は水量増分によって発生する。試験結果を図3に示す。本発明により線状加熱した鋼管の圧潰圧力（強度）は55MPaであるのに対して、加熱をしていないUOE鋼管では46MPaである。線状加熱した鋼管は、圧潰までの圧力（強度）が約20%高い。

【0029】

【発明の効果】本発明方法によれば、UOE鋼管を簡便な装置により所定の温度範囲に加熱することにより、バウシinger効果を減少または解消して、耐圧潰性に優れたUOE鋼管とすることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、引張り変形を与えた後の圧縮時の耐力が加熱温度と加熱時間により変化することを示す図面である。縦軸は加熱温度、横軸は保持時間である。図中の各円内の値は圧縮応力にたいする耐力（MPa）を表す。

【図2】図2は鋼管の圧潰試験方法を示す図面である。

【図3】図3は拡張後に加熱をおこなった鋼管（実施例）および加熱をおこなわない鋼管（比較例）のそれぞれの水量増分と圧力との関係を示す図面である。

【符号の説明】

A：加熱指標1300を表す曲線

B：加熱指標4300を表す曲線

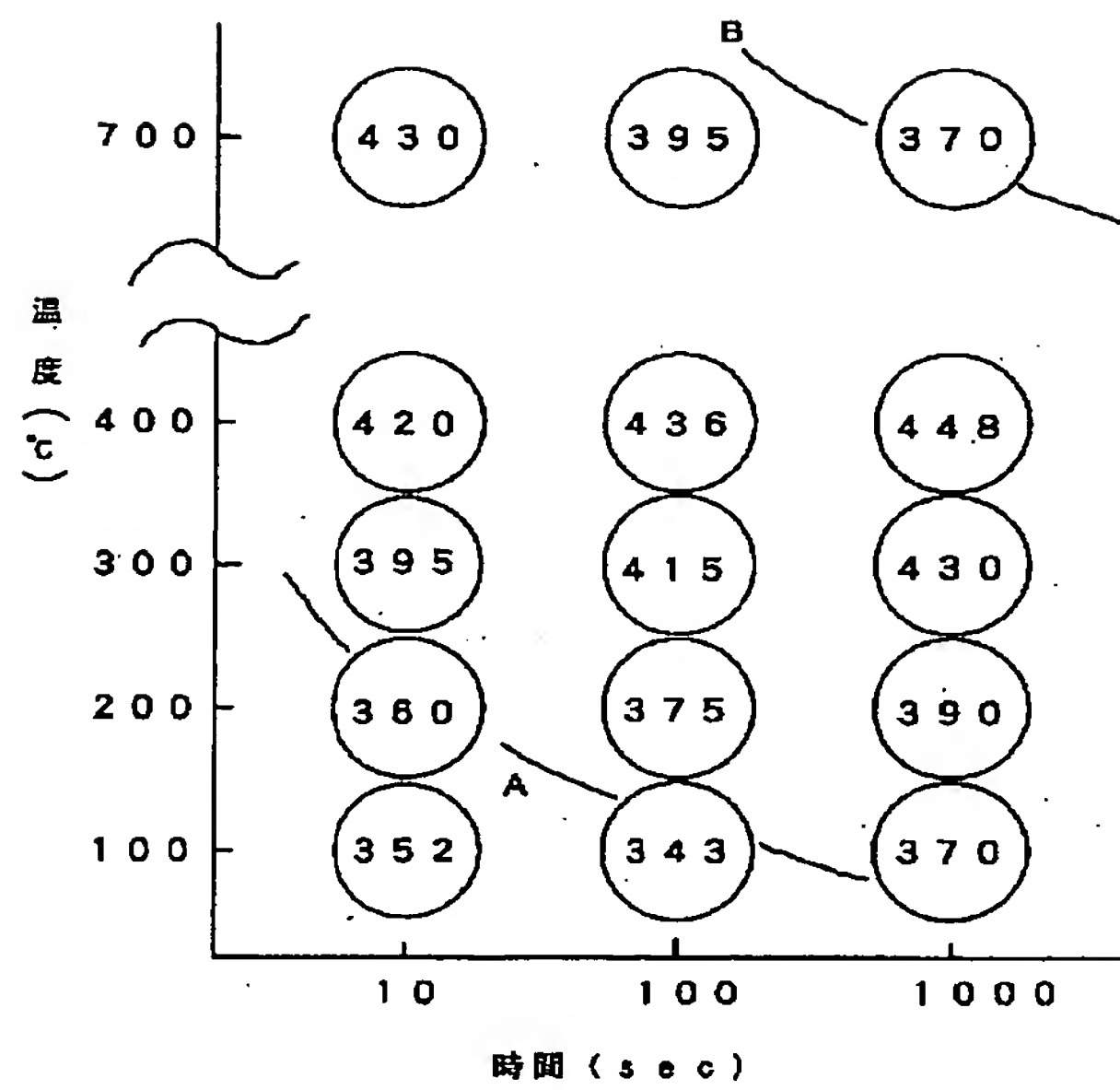
1：試験用鋼管

2：鞘管

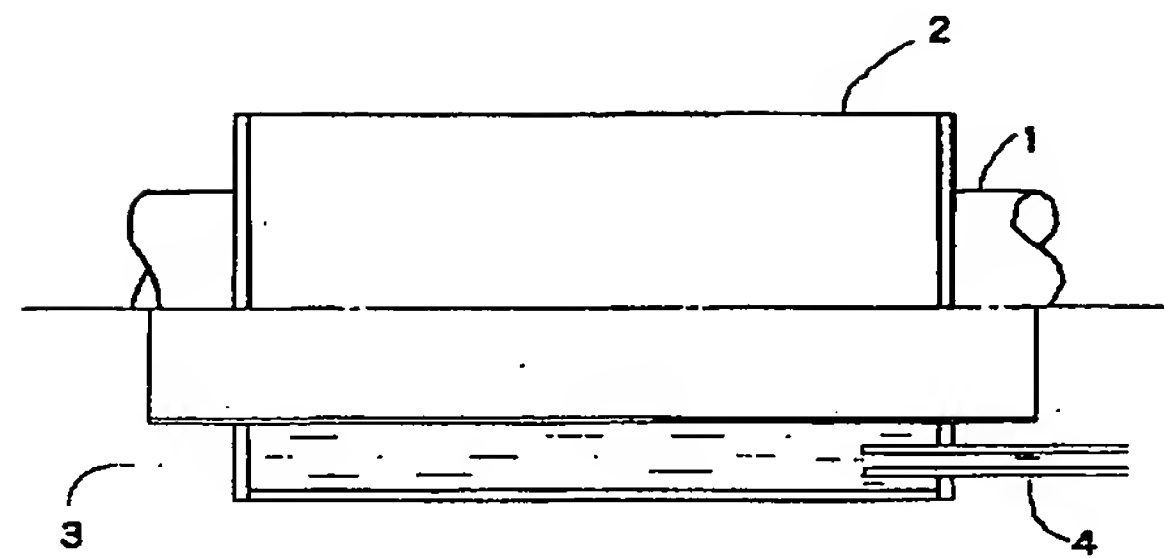
3：密閉板

4：水導入管

【図1】



【図2】



- 1 : 試験用銅管
- 2 : 箱管
- 3 : 密封板
- 4 : 水導入管

【図3】

